فصلنامه بورس اوراق بهادار شمارهٔ ۵۵ پاییز ۱۴۰۰ سال چهاردهم ـ تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۲۳تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۳ ص۲۵۸-۲۷۸

بررسی رفتار جریان نقد با استفاده از فرایندهای تصادفی

الهام دانش[۱] / علی سعیدی[۲]
حسان رحمانی نیا[۳]/ امیر غلامی[۴]

چکیده

در چارچوب نظری حسابداری مالی که تأمین‌کننده هدف‌های گزارشگری مالی است توجه خاصی به جریان نقد مبذول شده است. هدف این پژوهش درک جدیدی از رفتار جریان نقد و ایجاد یک مدل تجربی نوین است. این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ اجرا کمی است. جامعه آماری پژوهش حاضر مانده نقد روزانه یکساله ۴۸ شعبه بانک معین است (به دلیل محرمانه بودن اطلاعات از ذکر آن خودداری می‌شود). دو فرضیه در این پژوهش در نظر گرفته شده است : ۱) مانده نقد دارای خاصیت تصادفی است ؛ ۲)مدل براونی هندسی نسبت به مدل‌های براونی حسابی، واسیسک و مدل ریشه مربعات اصلاح شده کاراتر است. نتایج آزمون تصادفی بودن را تایید نموده است. همچنین از مقایسه آن چهار مدل با استفاده از آزمون‌های MSE، RMSE و MAE برای انتخاب بهترین مدل، استفاده شده است و نتایج مقایسه مدل‌ها، مدل بروانی هندسی را به عنوان مدل کاراتر تایید نموده است.

واژگان کلیدی: جریان نقد، مانده نقد، فرایند تصادفی، معادلات دیفرانسیل تصادفی.
طبقه‌بندی موضوعی:G17

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱] . دانشجوی دوره دکتری حسابداری، دانشگاه آزادسلامی، واحد تهران شمال، تهران ، ایران.
[۲] دانشیار گروه مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی ،واحد تهران شمال، تهران ، ایران(نویسنده مسئول)،a_saeedi@iau-tnb.ac.ir
[۳] استادیار گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.
[۴] استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۱- مقدمه

بازار سرمایه نقشی مهم و اساسی در رشد و پیشرفت اقتصادی هر کشوری دارد، لذا بررسی دقیق این بازار از جنبه‌های مختلف ضروری به نظر می‌رسد. از عوامل مهم و مورد توجه، بقا و ادامه حیات شرکت‌های فعال در بازار سرمایه کشور است. تنها شرکتهایی می‌توانند به بقای خود ادامه دهندکه بتوانند نیازهای نقدی روزانه خود را برای ادامه فعالیت‌های عملیاتی تأمین نمایند. از آنجا که وضعیت نقدینگی مبنای قضاوت بسیاری از اشخاص درباره موقعیت واحد اقتصادی است، این مطلب مورد توجه گروه‌های ذینفع از جمله اعتباردهندگان و سرمایه‌گذاران قرارگرفته است. از این رو شناخت رفتار جریان نقد برای اندازه‌گیری کمبود و سپس برنامه‌ریزی برای تأمین مالی، از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از مهمترین موضوعات مورد توجه پژوهشگران، اقتصاددانان و تحلیلگران مالی تبیین چگونگی رفتار و روند جریان نقد می‌باشد که راه‌های مختلف و دیدگاه‌های متفاوتی را پدید آورده است. بررسی جریان نقد با استفاده از مدل‌های ریاضی جدید؛ مدل‌های رگرسیون، مدل‌های سری زمانی، گام تصادفی و مدل‌های پیشرفته‌تر آغاز شد. آزمون‌های مختلفی با استفاده از اطلاعات جریان نقد صورت گرفت یک مدل جریان نقد در واقع نمایش انتزاعی (معمولا ریاضی) جریان نقد در دنیای واقعی با هدف توضیح دادن، پیش‌بینی، مدیریت و کنترل جریان نقد است. در پنجاه سال گذشته، مدل‌های جریان نقدی پیچیده‌تر شده‌اند. مدل‌های قطعی و گسسته اولیه، با برآورد نقطه‌ای ذهنی از جریان های نقد، خیلی زود با مدل های احتمالی جریان نقد جایگزین شدند. با گذشت زمان، مدل‌های احتمالی به مدل‌های تصادفی بسیار غنی‌تری تبدیل شدند، به ویژه مدل‌های تصادفی پیوسته، که قادر به توصیف طیف گسترده‌ای از خصوصیات و خواص تصادفی است. واقعیت موجود اینکه، بر خلاف پژوهش‌های روز افزون ریاضیات در علوم مالی، از این منظر در کشور ما تاکنون توجه چندانی در زمینه جریان نقد نشده است و پژوهش‌های صورت‌گرفته در این زمینه با چند مدل ساده و معمولی به کار خود پایان داده‌اند و از ورود به عمق مدل‌های با پیچیدگی بیشتر سرباز زده شده است. در پژوهش حاضر سعی شده است با استفاده از فرایند تصادفی و معادلات دیفرانسیل تصادفی به این مقوله پرداخته شود تا گامی جهت برطرف شدن نقیضه فوق گردد. اما همچنان مدلی جامع برای جریان نقد ارائه نگردیده است. با پیشرفت تکنولوژی و ریاضیات تصادفی انتظار می‌رود دروازه نوینی بر روی پژوهش‌های جریان نقد گشوده گردد. نقطه کانونی پژوهش حاضر تمرکز بر این سوال اصلی است که آیا جریان‌های نقد دارای رفتار

تصادفی‌اند؟ اگر جریان‌های نقد، زمان پیوسته در نظرگرفته شوند، این سوال مطرح می شود که آیا می‌توان یک مدل مناسب به عنوان مدل تصادفی بهینه برای استفاده معرفی نمود؟

۲- مبانی نظری

اصطلاح "جریان‌های نقد تصادفی پیوسته" دارای یک تناقض ذاتی است: در واقع؛ جریان نقد، صرفنظر از فاصله زمانی که اندازه‌گیری می‌شود، متغیر تصادفی گسسته در مقدار و زمان است. بنابراین، این سوال ایجاد می‌شود که چرا با اینکه جریان نقد متغیری گسسته در زمان است، از مدل‌های پیوسته برای مدل سازی آن استفاده می‌شود؟

گاندلفو (Gandolfo, 2012) استدلال‌هایی برای اهمیت مطالعه مدل‌های جریان نقد زمان پیوسته به صورت زیر ارائه نموده است:

" ۱. تغییرات زمان گسسته در جریان نقد و مانده نقد، نتایج مقطعی تعامل تعداد زیادی از متغیرهای تصادفی اساسی و تصمیمات مدیران شرکت است که در زمان‌های مختلف اتفاق می‌افتد. به بیان دیگر تصمیمات مدیران به صورت پیوسته اتفاق می‌افتد وگسسته در نظرگرفتن آن بخشی از وقایع را از دست می‌دهد. به منظورکنترل و برنامه‌ریزی مالی در طی یک روز، هزاران تغییر کوچک تصادفی و پیوسته رخ می‌دهد. یک مدل کلی واقع‌گرایانه که به طور دقیق، فرایندهای تصمیم‌گیری اقتصادی را در نظر بگیرد، باید در زمان پیوسته مدل سازی شود. در بازارهای مالی، جریان اطلاعات پیوسته، اغلب توجیهی مناسب و بهتر برای استفاده از مدل‌های زمان پیوسته ارائه می‌دهد.

۲. نتیجه تجزیه و تحلیل جریان‌های نقد زمان گسسته می‌تواند وابسته به فاصله زمانی انتخاب شده بین دو متغیر باشد. به عبارت دیگر، اگر مدل به خوبی تعریف نشده باشد و سازگار نباشد، خواص متغیرهای تصادفی می‌تواند متفاوت به فواصل زمانی در نظر گرفته شده باشد در حالی‌که مدل‌های زمان پیوسته این نقص را ندارند.

۳. به طور تحلیلی، در سیستم‌های معادلات دیفرانسیل زمان پیوسته معمولاً به راحتی از سیستم‌های مختلف متفاوتی در زمان گسسته استفاده می‌شود. پس از برآورد پارامترها، معادلات دیفرانسیل پیش‌بینی و شبیه سازی مسیرهای نمونه بدون در نظرگرفتن فاصله زمانی انتخاب شده را ممکن می‌سازد. بر عکس، مدل‌های گسسته نمی‌توانند اطلاعات بیشتری را در مورد داده‌های موجود در واحد زمانی ارائه دهند".

در ادامه فرایند تصادفی بطور کلی و انواع آن به اختصار توضیح داده شده است؛ فرایند تصادفی مجموعه‌ای از متغیرهای تصادفی است که در طول زمان، وضعیت یک رویداد تصادفی را نمایش می‌دهد. در فرایند تصادفی، ارزش متغیر تصادفی در طول زمان در حال تغییر است و این تغییر به صورت تصادفی و نامطمئن روی می‌دهد. فرایندهای تصادفی دارای دو نوع "زمان پیوسته" یا "زمان ناپیوسته" هستند. در فرایند پیوسته تصادفی، تغییرات در هر لحظه از زمان قابل تعریف است، ولی در فرایند ناپیوسته تصادفی، تغییرات در هر مقطع از زمان قابل تعریف است.

معروف‌ترین فرایند تصادفی پیوسته، حرکت براونی است. در سال۱۸۲۷، برای اولین بار، روبرت براون (Robert Brown, 1827) گیاه شناس اسکاتلندی حرکت براونی را معرفی کرد. حرکت براونی W_t دارای ویژگی‌های زیر است:

۱. B_t دارای مقادیر تفاضلی مانا و مستقل از یکدیگر است؛

۲. فرایند B_t پیوسته است؛

۳. مقدار تفاضلی $B_t - B_s$ دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $|t-s|$ است که به صورت نمادین زیر نوشته می‌شود:

$$B_t - B_s \sim N(0, |t-s|)$$

فرایند وینر نیز، یک فرایند تصادفی پیوسته است که به نام ریاضیدان و نابغه امریکایی نوربرت وینر (Norbert Wiener, 1964) نامگذاری شده است. این فرایند به اسم حرکت براونی استاندارد نیز شناخته می شود. حرکت براونی استاندارد (ΔZ) حالت خاصی از حرکت براونی است که درآن $\Delta Z = \frac{W_t}{\sigma}$ حرکت براونی استاندارد، واریانس عدد یک است. حرکت براونی استاندارد و فرایند وینر به یک معنا استفاده می‌شوند که بصورت زیر نشان داده می‌شود:

$$X_{t+1} = X_t + dz$$
$$dz = \varepsilon\sqrt{dt} \quad and \quad \varepsilon \sim N(0,1)$$

حرکت براونی حسابی[5] (AMB): اگر به حرکت وینر رشد طولانی مدت اضافه گردد حرکت براونی حسابی بدست می‌آید نمایش ریاضی آن بصورت زیر است:

$$S_{t+1} = S_t + \mu dt + \sigma dz$$
$$ds = \mu d_t + \sigma dz$$

تکامل حرکت براونی حسابی ترکیبی از دو بخش است:

[5] Arithmetic Brownian Motion

الف: یک رشد خطی با نرخ μ ؛ ب: یک رشد تصادفی با توضیع نرمال و انحراف استاندارد σ. تمرکز آن بر تغییر در مقدار متغیر است و همچنین به عنوان یک مدل افزودنی شناخته می شود زیرا متغیر هر دوره با یک مقدار ثابت رشد می کند.

حرکت براونی هند سی[6] (GMB): حرکت براونی نمایی نیز گفته می شود، فرایند تصادفی زمان پیو سته ا ست که درآن لگاریتم مقادیر مختلف تصادفی، از یک حرکت براونی یا فرایند وینر پیروی می کند. مدل حرکت براونی هند سی نیز از لحاظ فنی یک فرایند مارکف محسوب می شود و همان فرایندی است که بلک، شولز و مرتون در مدل‌سازی قیمت اوراق مشتقه به‌کارگرفته‌اند. اگر s_t از فرایند براونی هندسی تبعیت کند معادله دیفرانسیل تصادفی این مدل به فرم زیراست:

$$\frac{ds_t}{s_t} = \mu(s,t)dt + \sigma(s,t)dw_t$$

s_t : دارایی پایه در زمانt؛ μ : درصد رانش و σ : درصد نوسانات که هر دو ثابت هستند؛ w_t : فرایند وینر.

مدل وا سیسک[7]: یکی از شناخته شده‌ترین فرایند های تصادفی بازگشت به میانگین، فرایند واسیسک می‌باشد که اولین بار از آن برای مدل سازی رفتار تصادفی نرخ های بهره کوتاه مدت استفاده گردید. یک نوع از مدل نرخ کوتاه مدت تک عاملی است که تغییرات نرخ بهره را با توجه به یک نوع از ریسک بازار توصیف می کند. این مدل می تواند در ارزیابی نرخ بهره اوراق مشتقه استفاده شود. معادله دیفرانسیل تصادفی این مدل به شکل زیر است:

$$dX_t = \alpha(\theta - X_t)dt + \sigma dw_t$$

w_t : فرایند وینر؛ σ : ریسک استاندار؛ α : سرعت بازگشت به میانگین؛ θ : میانگین بلند مدت سری زمانی.

مدل کاکس_انگرسول_راس[8] CIR : یک نوع مدل "تک عاملی" (مدل نرخ بهره کوتاه مدت) است که تغییرات نرخ بهره را با توجه به یک نوع ریسک بازار توصیف می کند.

معادله دیفرانسیل مدل به شکل زیر است:

$$dc_t = a(b - c_t)dt + \sigma\sqrt{c_t}\, dw_t$$

6 Geometric Brownian Motion
7 hull-white/vasicek
8 Cox–Ingersoll–Ross model

w_t : فرایند وینر، a، b و σ پارامترهای آن هستند. پارامتر a مربوط به رابطه تنظیم سرعت، b میانگین و σ شدت نوسان پذیری است، $a(b - c_t)$ عامل انحراف می‌باشد که تضمین می‌کند بازگشت به میانگین نرخ بهره به سمت b با سرعت تعدیل شده مثبت a .

مدل‌های جریان نقدی بر اساس روند ریشه مربع اصلاح شده[۹](MSR) : کلومپس و تیپت[۱۰] (Klumpes & Tippett ,2004) از ریشه مربع اصلاح شده برای ارزش سرمایه گذاری استفاده نمودند. آنها معیارهای بهینه سرمایه گذاری را برای یک پروژه سرمایه ای تعیین نمودند به گونه ای که جریان وجه نقد آن از نظر فرایند "ریشه مربع اصلاح شده" تکامل یابد. روند ریشه مربع اصلاح شده دارای خصوصیاتی مشابه روند ریشه مربع کاکس ، اینگرسول و راس (۱۹۸۵) است اما علاوه بر این ، امکان جریان منفی نقدینگی را نیز در بر می‌گیرد.

$$dc_t = (\mu c_t)dt + \sqrt{(k_1{}^2 + k_2{}^2 c_t^2)}dw_t$$

w_t : فرایند وینر، $k_2{}^2$ ، $k_1{}^2$ و μ پارامترهای آن هستند $k_1 = \sigma$ شدت نوسان پذیری $k_2{}^2 = 2\mu$، μ میانگین است.

معادله دیفرانسیل تصادفی[۱۱](SDE) معادله‌ای است که در آن یک یا چند متغیر یک فرایند تصادفی هستند. در نهایت جواب این نوع معادلات خود نیز یک فرایند تصادفی است. کاربرد SDE ها در مدل سازی‌های پیچیده احتمال مند، بسیار گسترده است، از جمله در مدل سازی هزینه نوسانات بازار یا مدل سازی فیزیکی نوسانات دمایی اشیا. معمولاً در این گونه مدل سازی‌ها از نویز سفید به عنوان پارامتر کاملاً تصادفی استفاده می‌شود که خود نوعی از فرایند تصادفی وینر است. هر چند در مدل سازی تصادفی، پارامترها در یک معادله دیفرانسیل تصادفی، استفاده از سایر فرایندهای تصادفی نیز امکان‌پذیر است. معادله عمومی تصادفی:

$$ds_{t=}\alpha(s_t, t)d_t + \sigma(s_t, t)dw_t \qquad t\epsilon[0,\infty)$$

به عنوان یک روش نمادین به صورت زیر توجیه می‌شود:

$$\int_t^{t+h} ds_u = \int_t^{t+h} \alpha(s_u, u)du + \int_t^{t+h} \sigma(s_u, u)dw_u$$

که h یک بازه زمانی بسیار کوچک است. معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی[۱۲] که به اختصار PDEخوانده می‌شوند، به دسته‌ای از معادلات دیفرانسیل گفته می‌شود که در آنها توابع مجهول

9 Modified Square Root Process
10 Klumpes & Tippett
11 Stochastic Differential Equation
12 Partial Deifrential Equation

برحسب چند متغیرمستقل به همراه مشتق پاره‌ای توابع نسبت به آن متغیرها شرکت داشته باشند. به این دسته از معادلات دیفرانسیل، معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی یا معادلات دیفرانسیل جزئی گفته می‌شود.

۳- پیشینه پژوهش

سابوتاو و واتارون (Wattaatorn and Sombultawee, 2021) در پژوهشی تاثیر نوسانات تصادفی بر قیمتگذاری آپشن در بازار تایلند را بررسی نمودند. بررسی آنها با استفاده از دو مدل هستون[۱۳] و بلک شولز[۱۴] صورت گرفته است. برای جهت ارزیابی مدلهای مذکور از دو معیار ریشه مربع میانگین خطا[۱۵] (RMSE) و میانگین قدر مطلق در صد خطا[۱۶](MAPE) استفاده شده است. نتیجه بدست آمده نشان داد مدل هستون نوسانات تصادفی را بهتر را پوشش می‌دهد و از عملکرد بهتری برخوردار است.

حندان و همکاران (Handan, et al., 2020)در پژوهشی با استفاده از مدل براونی هندسی قیمت طلا در بازار مالزی را بررسی نمودند. قیمتهای شبیه سازی شده برای یک دوره حداکثر یک ماهه با استفاده از معیارMAPE بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که مدل مذکور برای پیش‌بینی قیمت طلا برای مدت زمان کوتاه یکماهه قابل استفاده است و از دقت بالایی برخوردار می‌باشد.

کرسارو و همکاران(Corsaro, et al., 2019) در پژوهشی با استفاده از چارچوب نوسانات تصادفی و ترکیب سه مدل هستون، لوی و کاکس_ انگرسون الگوریتمی جهت قیمتگذاری اختیارمعامله آسیایی ارائه نمودند که با استفاده از الگوریتم و برنامه سازی به عنوان یک استرتژی موازی در این نوع معاملات مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند در دقت و مدیریت زمان مفید واقع شود.

سالاس ملینا و همکاران (Salas-Molina, et al., 2018) در پژوهشی با عنوان "تجزیه و تحلیل تجربی جریان نقد روزانه و پیامدهای پیش‌بینی آن" با استفاده از داده‌های واقعی جریان نقد

---

13 Heston
14 Black-Scholes
15 Root-Mean-Square Error (RMSE)
16 Mean Absolute Percentage Error

روزانه ۵۴ شرکت اسپانیایی مدل‌های خطی و غیرخطی سری‌های زمانی را بررسی نمودند، نتیجه پژوهش آنها کارایی مدل‌های غیرخطی در دنیای واقعی برای پیش‌بینی جریان نقد را نشان می‌دهد.

ون دبرگ (Van der Burg, 2018) در رساله خود به بررسی فرایند تصادفی جریان نقد زمان پیوسته پرداخته است. شواهد تئوری و تجربی نشان می‌دهدکه تحت برخی از قوانین، جریان نقد عملیاتی می تواند به خوبی توسط یک معادله دیفرانسیل تقریبی بیان شود، در حالی‌که فرآیند سرمایه‌گذاری - ترجیحا – ابتدا باید توسط یک متغیر اندازه کنترل واریانس بیان شود. با توجه به ملاحظات نظری و شواهد تجربی، این مطالعه معتبر بودن قابلیت یک معادله دیفرانسیل تصادفی با یک تابع رانش خطی و یک تابع انتشار درجه دوم به منظور ایجاد مدل جریان نقد زمان پیوسته را نشان می‌دهد.

پریمبس و راس بارمیش (Primbs and Barmish, 2018) مدل اصلی حرکت براونی هندسی با پارامترهای ثابت را توسعه داده اند. بنا براین فرایند رانش μ و تلاطم σ را وابسته به زمان و متغیر در نظر گرفته اند. در این زمینه، استراتژی SLS منجر به تضمین سود مورد انتظار معاملات مثبت در هر لحظه از زمان می‌شود. در این پژوهش، این نتایج به حرکت براونی هندسی با پویایی‌های قیمت تعمیم یافته است که به این دو پارامتر اجازه داده می‌شود تا بطور مداوم و پیوسته با زمان تغییر نمایند و محدودیتی در میزان تغییر آنها وجود ندارد.

ساهالیا و جاکود (Sahalia & Jacod, 2010) در پژوهشی تحت عنوان " آیا استفاده از فرایند براونی در الگوسازی داده‌هایی با تناوب بالا ضروری است؟" آزمون وجود عنصر براونی در داده‌هایی با تناوب بالارا انجام دادند. فرایند تصادفی دارایی پایه یا قیمت سهام از چهار عنصر تشکیل شده است که عبارتند از عامل انتقال، بخش پیوسته یا فرایند براونی، عامل پرش که خود شامل جز پرش کوچک و پرش بزرگ است. دراین پژوهش دو آزمون به منظور تعیین وجود فرایند براونی در داده‌های با تناوب بالا مانند داده‌های دارایی‌های مالی معرفی شد. نتایج تجربی نشان داد که آزمون‌های معرفی شده به خوبی قادر به تعیین عنصر براونی در داده‌های با تناوب بالا است.

ثقفی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان " کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی جریان وجوه نقد آتی" از شبکهٔ عصبی پرسپترون چند لایه و تعیین مدل برتر با استفاده از متغیرهای مدل رگرسیون تعهدی برای پیش‌بینی جریان نقد استفاده کردند. نتایج حاصل از برازش‌های مدل‌های

مختلف شبکهٔ عصبی، حکایت از آن داشت که دو ساختار با ۸ و ۱۱ نود مخفی، بهترین مدل برای پیش‌بینی جریان وجه نقد است.

مولایی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از رویکرد معادلات دیفرانسیل تصادفی، مدل‌های براونی هند سی و مدل براونی هند سی همراه با گارچ غیرخطی، رفتار قیمت سهام را الگوسازی نمودند همچنین به منظور برآورد ضرایب معادلات دیفرانسیل تصادفی با نوسانات ثابت و معادلات دیفرانسیل تصادفی با نوسانات تصادفی از رویکرد حداکثر درستنمایی استفاده شده است و به منظور الگو سازی رفتار قیمت سهام با توجه به تأثیرات نامتقارن اخبار خوب و بد، از الگوی گارچ غیرخطی جهت توضیح رفتار نوسانات قیمت در طی زمان استفاده شده است. با توجه به نتایج، اخبار خوب دارای تأثیر بیشتر بر رفتار شاخص کل هستند به عبارت دیگر شاخص کل به شوکهای مثبت بیشتر واکنش نشان می‌دهد. همچنین با توجه به معیار لگاریتم درستنمایی، فرآیند براونی هند سی با نوسانات تصادفی دارای قدرت توضیحدهندگی بیشتر نسبت به فرایند براونی با نوسانات ثابت است.

شیوایی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی الگوسازی رفتار نرخ ارز در ایران با استفاده از معادلات دیفرانسیل تصادفی پرداختند. به منظور مدلسازی رفتار این بازار از سه معادله دیفرانسیل تصادفی استفاده شده است که عبارتند از: مدل بلک شولز، مدل مرتون و حرکت براونی هندسی همراه با گارچ غیرخطی. نتایج حاصل نشان می‌دهد مدل گارچ غیرخطی مبتنی بر مدل مرتون، حاکی از رفتار نامتقارن بازیگران این بازار است. همچنین مدل مرتون از قدرت توضیح دهندگی بیشتری نسبت به مدل گارچ غیرخطی و مدل بلک شولز برخوردار است.

احمدی و همکاران (۱۳۹۷) به مدل‌سازی پیش‌بینی وجه نقد آتی پرداختند و مدلی برای پیش‌بینی وجه نقد ارائه نمودند. آنها با استفاده از پژوهش اکتشافی و نظرسنجی از خبرگان، متغیرهای اثرگذار بر پیش‌بینی وجه نقد را مشخص نمودند. نتایج نشان می‌دهد، منظور نمودن متغیرهای اثرگذار بر پیش‌بینی می‌تواند منجر به افزایش دقت و کاهش خطای پیش‌بینی وجه نقد گردد.

صادقی و همکاران(۱۳۹۸) به بررسی کاربرد حرکت براونی هند سی در پیش بینی قیمت طلا و نرخ ارز در بازار آزاد ایران پرداختند. نتایج پژوهش که مدل حرکت براونی هند سی مطابق با معیار میانگین قدر مطلق درصد خطا(MAPE) می تواند قیمتها را با صحت بالا شبیه سازی

نماید. از دیگر نتایج به دست آمده از مشخص می‌شود که با افزایش افق زمانی پیش‌بینی توانایی مدل GBM در انجام شبیه سازی کاهش می یابد.

دلو و ورزیده(۱۳۹۹) در پژهشی استفاده از مدل حرکت براونی هندسی و معیار ارزیابی MAPE به پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که مدل حرکت براونی هند سی قادر ا ست تا شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران را در افق زمانی ۱ روزه با صحت بالا پیش بینی کند همچنین با افزایش افق زمانی پیش‌بینی، صحت مقادیر پیش بینی شده توسط مدل کاسته شده و توانایی مدل در شبیه سازی شاخص کاهش می یابد، با این حال تا افق پیش‌بینی 31 روزه کماکان مقادیر پیش بینی شده از صحت بالایی برخوردار است.

مالکی‌نیا و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان " کاربرد مدل حرکت براو نی هندسی تعمیم یافته تو سط فرآیند رژیم سوئیچینگ مارکف در شبیه سازی قیمت سهام: رویکرد پویایی شناسی سیستمی" تغییرات قیمت سهام شرکت ایران در دوره زمانی ۱۳۸۷ الی ۱۳۹۶ با هدف مدل سازی، برا ساس مدل حرکت براونی هند سی تعمیم یافته با فرایند رژیم سوئیچینگ مارکف که شکل تعمیم یافته مدل حرکت براونی هندسی می‌با شد، بر روی مقوله پیش‌بینی را بررسی نمودند. مدل پژوهش با استفاده از رویکرد پویایی شناسی سیستمی ابتدا در قالب نمودار علی_معلولی و پس از مشخص نمودن متغیرهای حالت و جریان، در قالب نمودار حالت و جریان تک حلقه‌ای و دو حلقه‌ای طراحی و شبیه سازی برای قیمت پایانی روزانه سهام انجام گرفته است. دو پارامتر ریشه اختلال و گام زمانی به عنوان پارامترهای تحلیل حسا سیت شنا سایی و به کار گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد با بهینه سازی پارامترهای کالیبرا سیون میزان ریشه‌های خطا به حالت ایده آل ر سیده یعنی خطای نابرابری کوواریانس‌ها به سمت عدد یک و خطای نابرابری مبنا و خطای نابربری واریانس‌ها به سمت عدد صفر نزدیک شده و نشان از صحت عملکرد مدل پژوهش در شبیه سازی قیمت سهام دارد.

٤- فرضیه پژوهش

بر اساس مطالب مطرح شده تاکنون، فرضیه اصلی پژوهش حاضر بصورت زیر است:

۱. رفتار جریان‌های نقد از فرایند تصادفی تبعیت می‌کند.

۲. مدل هندسی براونی نسبت به مدل‌های براونی حسابی، واسیسک و مدل ریشه مربعات اصلاح شده بهتر است.

۵- روش پژوهش

در این مطالعه ابعاد زمان و نبود قطعیت (تصادفی) به عنوان مفروضات در نظر گرفته شده‌اند. از لحاظ تاریخی و همچنان در بسیاری از کار برد های عملی فعلی، یک مدل قطعی گسسته با برآورد نقطه نظرهای ذهنی جریان‌های نقد، مدل مناسب می‌باشد. با گذشت زمان، مدل‌های جریان نقد پیچیده پیشرفته پدیدار شده است. در دهه‌های گذشته پیشرفت برای پیشبرد مدل‌های تصادفی غنی‌تر و توانایی توصیف طیف گسترده‌ای از خصوصیات و ویژگی‌های تصادفی، ادغام شده‌اند. نخست، بسط استفاده از معادلات دیفرانسیل معمولی(ODEs) برای مدل سازی جریان‌های نقد پیوسته صورت گرفته است. دوم، معرفی مدل‌های احتمال مند که درآن جریان نقد به عنوان متغیر تصادفی توسط توزیع احتمالی مناسب تنظیم می‌شود، بیان شده است. در دهه‌های گذشته این دو پیشرفت برای پیشبرد مدل‌های تصادفی غنی‌تر و توانایی توصیف طیف گسترده‌ای از خصوصیات و ویژگی‌های تصادفی، ادغام شده‌اند. این ترکیب در قالب معادلات دیفرانسیل تصادفی (SDEs) در ریاضی فرایند تصادفی مدل‌های جریان نقد، ارائه شده است.

توصیف جریان‌های نقدی در زمان پیوسته دارای مزایای بسیاری از جمله دسترسی به روش‌ها و فنون پیچیده ریاضی است. بنابراین، این مطالعه جریان‌های نقدی را به عنوان پیوسته و با معادله دیفرانسیل تصادفی عمومی زیر اداره می‌کند:

$$dc_t = \alpha(c_t, t)dt + \sigma(c_t, t)dw_t + \vartheta(c_t, t)dN_t$$

c_t فرایند جریان نقد تصادفی؛ $\alpha(c_t, t)$ تابع رانش؛ $\sigma(c_t, t)$ تابع انتشار؛ $\vartheta(c_t, t)$ یک تابع پرش و w_t فرایند وینر N_t روند پرش است. مطابق با قضیه تجزیه دوب مایر[17] (۱۹۹۰) $\alpha(c_t, t)$ مولفه قطعی و $\sigma(c_t, t)$ و $\vartheta(c_t, t)dN_t$ ترکیبی از مولفه تصادفی تشکیل شده است که - تحت شرایط مشخص - می تواند به صورت کلی‌تر از فرایندهای لوی ترکیب شود.

کتلنز(Kotelenze , 2008)در کتاب خود تحت عنوان "معادلات دیفرانسیل تصادفی گذر از معادلات میکروسکوپی به ماکروسکوپی"[18] اولین دستاورد دقیق معادلات مسکوپی و

---

17 Doob

18 Stochastic Ordinary and Stochastic Partial Differential Equations-Transection from Microscopic to Macroscopic Equations.

ماکروسکوپی از یک سیستم قطعی معادلات میکروسکوپی را ارائه داده است. معادلات میکروسکوپی در قالب یک سیستم قطعی از اسیلاتورهای غیر خطی بهم پیوسته برای N ذرات بزرگ و بی‌نهایت ذرات کوچک ارائه می شود. معادلات مسسکوپی معادلات دیفرانسیل تصادفی معمولی (SODE) و معادلات دیفرانسیل جزئی تصادفی (SPDE) هستند و حد ماکروسکوپی توسط یک معادله دیفرانسیل جزئی سهموی توصیف می‌شود.

می توان تجزیه و تحلیل مانده نقد را در سطوح ؛ میکروسکوپی[۱۹]، مسسکوپی[۲۰] و ماکروسکوپی [۲۱] انجام داد. در سطح میکروسکوپی، هدف اولیه مطالعه درک مانده نقد در طول زمان به تنهایی برای یک شعبه در نظرگرفته می‌شود و فرایند تصادفی با محتوای پرش و همچنین توصیف با دیفرانسیل تصادفی. در واقع این رویکرد رفتار منحصر بفرد (در این مطالعه شعبه‌ها) را بررسی می کند و معمولا برای توصیف چنین سیستمی و مدل سازی تصادفی خاص است. در سطح مسسکوپی، به دنبال تجزیه و تحلیل از یک سیستم کوچک به یک سیستم بزرگ ناکید بر چند شعبه است که در آن حرکات گسسته مانده های نقد را می توان نادیده گرفت و شرح مفصل از روند مانده نقد بنگاه‌ها را می توان با فرایند انتشار (تقریب) "متوسط" از همه فرایندهای پرش امکان پذیر نمود. در سطح میکروسکوپی تحقق فردی از جریان های نقدی در طول زمان هدف اصلی مطالعه است در حالی که در سطح مسسکوپی تجزیه و تحلیل گسترش یافته و شامل تمام مسیرهای ممکن است که یک روند جریان نقدی می تواند دنبال کند. اساساً تجزیه و تحلیل از یک فضای قطعی که فقط یک تحقق امکان وجود دارد، به یک فرایند تصادفی منتقل می شود که در آن تحقق بی شماری از تحققات (آینده) از یک روند جریان نقدی وجود دارد. هنگام بالا بردن تجزیه و تحلیل به سطح ماکروسکوپی، نه تنها روند جریان نقدی تصادفی یک شرکت بلکه کلیه شرکت‌های موجود در گروه تحت مطالعه در نظر گرفته می شود.این رویکرد رفتار متراکم شده سیستم و فرایند تصادفی سطح بالاتر به عنوان وجه مشترک برای همه شعبه‌ها (نهادها) را در نظر می‌گیرد. این سیستم را می‌توان با یک معادله دیفرانسیل جزئی تصادفی (SPDE)[۲۲] از نوع فوکر-پلانک توصیف کرد که هر کدام معادلات بر پایه حفظ اصل احتمال در طول زمان است. در سطح ماکروسکوپی در واقع سطح کلان تجزیه و تحلیل، تنوع جریان نقدی فردی نادیده گرفته می‌شود. آنچه مهم است رفتار

[19] Microscopic
[20] Mesoscopic
[21] Macroscopic
[22] Stochastic Partial Differential Equation (SPDE)

متوسط مسیرهای جریان نقدی برای کل گروه است. بنابراین ، تکامل تابع چگالی احتمال (بی قید و شرط) احتمالات مجموعه ای را توصیف می کند که در برخی شرایط برای توصیف رفتار تصادفی جریان نقدی شرکت‌های مختلف معتبر هستند.

٦- یافته‌های پژوهش

پژوهش حاضر، با استفاده از اطلاعات تراز آزمایشی روزانه یکساله مانده نقد مربوط به ۴۸ شعبه بانک معین (به دلیل محرمان بودن از ذکر آن خودداری می‌شود) انجام شده است. با استفاده ا ز نرم افزار صفحه گسترده (اکسل)[۲۳]، داده‌های گرد آوری شده، طبقه بندی شده پس از غربالگری و حذف روزهای تعطیل، با استفاده از نرم افزار ایویوز[۲۴]، بررسی آماره‌های توصیفی انجام شده است.

جدول (۱):آمار توصیفی

متغیر	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
شرح	۱,۲۷×۱۰^۹	۸,۲۵×۱۰^۸	۱,۷۵×۱۰^۱۰	۳,۷۴×۱۰^۶	۱,۴۲×۱۰^۹	۳,۳۲	۱۷,۷۵

مانده نقد روزانه ۴۸ شعبه بانک مورد نظر بررسی شده است (واحد برحسب میلیارد ریال)، میانگین ۱/۲۷×۱۰^۹میلیارد ریال و میانه ۸/۲۵ ×۱۰^۸ حداقل مقدار مانده نقد ۳/۴۷×۱۰^۶ میلیارد ریال و حداکثر مانده نقد روزانه شعبه‌های مورد نظر ۱/۷۵× ۱۰^۱۰ میلیارد ریال بوده است. انحراف معیار[۲۵] مانده نقد در شعبه‌های ۱,۴۲× ۱۰^۹و چولگی[۲۶] ۳/ ۳۲ و همچنین کشیدگی[۲۷] مقادیر برابر است با ۱۷/۷۵می باشد. مانده نقد دارای توزیع لاگ نرمال[۲۸] می‌باشد. تابع توزیع لاگ نرمال از نوع توزیع‌های پیوسته و دارای تکیه‌گاه مثبت (مجموع مقادیر مثبت متغیر تصادفی) است و همچنین وجود چولگی زیاد توزیع به خصوص برای مقدارهای بزرگ انحراف معیار کاملاً واضح است.

با استفاده از آزمون ران تست تصادفی بودن[۲۹] داده ها (مانده نقد) تایید گردیده است. در این آزمون فرض اولیه این است که داده‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند در معیار پذیرش یا رد آزمون مقدار سطح معناداری دو طرفه است و با توجه بهsig نتیجه گیری می‌شود.

جدول (۲):آزمون تصادفی

---

23 Excel
24 Eviews
25 Stdandard. Deviation
26 Skewness
27 Kurtosis
28 Log-Normal Distribution
29 Run-Test

عنوان	مقدار برش (میانه)	تعداد مشاهده برش>	تعداد مشاهده برش <	تعداد کل مشاهدات	تعداد گردش‌ها	Z (آماره آزمون)	Asymp.Sig
شرح	۸,۲۵×۱۰^۸	۶۸۸۸	۶۸۸۸	۱۳۷۷۶	۶۹۵۷	۱,۵۹	۰,۲۴۷

با توجه به اینکه sig > 0.05 فرض صفر مبنی بر تصادفی بودن داده‌ها(مانده نقد) تایید می‌گردد و فرضیه اول تایید می‌گردد. همچنین؛ فرض فرایند تصادفی پیوسته بودن مانده نقد برای یافتن مدل مناسب نقد در نظرگرفته شده است.

در مطالعه حاضر جهت بررسی فرضیه دوم ؛ ۴ معادله تصادفی جهت بررسی بکار گرفته شده است. هر یک از مدل‌های قرار داده شده بر اساس مانده نقد(C) مورد بررسی قرارگرفته است. مدل‌ها: شماره ۱) براونی هندسی ،۲) براونی حسابی ، ۳) واسیسک و ۴) ریشه مربعات اصلاح شده. همچنین سه سطح میکروسکوپی، مسسکوپی و ماکروسکوپی جهت بررسی در نظر گرفته شده است.

نتایج تخمین پارامترهای معادلات دیفرانسیل تصادفی

در جدول زیر میانگین پارامترهای هر مدل ارائه شده است:

جدول (۳): میانگین تخمین پارامترها

سطح	مدل(۱)	مدل (۲)	مدل(۳)	مدل(٤)
میکروسکوپی	μ =۲/۳۱ σ =۲/۱۸	μ =۲/۴۳۳ σ =۲/۴۸	μ =۲×۱۰^۳/۱۵ σ =۷/۰۳	μ =۲×۱۰^۳/۱۳ K_1=۳/۰۸ K_2=۶×۱۰^۳/۵۳۴
مسسکوپی	μ =۷/۴۴ σ =۰/۰۸۹۳	μ =۱×۱۰^۳/۸۰۳ σ =۴/۸۴	μ =۱×۱۰^۴/۲۵ σ =۱/۱۷	μ=۱×۱۰^۳/۲۵ K_1=۱/۸ K_2=۴×۱۰^۳/۷۳۴
ماکروسکوپی	μ =۸/۴۵ σ =۰/۱۹	μ =۳×۱۰^۳/۱۲۶ σ =۵/۳	μ =۱×۱۰^۴/۲۵ σ =۴/۶	μ=۴×۱۰^۸/۲۴ K_1=۱/۷۸ K_2=۲۹۱۲۰

در مدل حرکت براونی هندسی، مقدار پارامتر μ برابر **۲/۳۱** می‌باشد. نوسانات این پارامتر چندان ارزیابی نمی‌گردد. میانگین پارامتر σ ، ۲/۱۸ بوده است.

مقایسه مدل‌ها بر اساس معیار MAE ، MSE وRMSE

به منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی مدل‌ها از معیار میانگین قدر مطلق خطا[۳۰](MAE) ، میانگین مربع خطا[۳۱](MSE) و ریشه مربع میانگین خطا (RMSE) در سه سطح گفته شده به صورت زیر در نظرگرفته شده است.

$$\mathrm{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |y_{model}(i) - y_{actual}(i)|}{n}$$

$$\mathrm{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (y_{model}(i) - y_{actual}(i))^2}{n}$$

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_{model}(i) - y_{actual}(i))^2}{n}}$$

در این روابط، n تعداد داده‌های مربوط به هر شعبه، y_{model} مانده نقد پیش‌بینی شده توسط مدل و y_{actual} مانده نقد واقعی هر شعبه است.

در جدول شماره۶-۴ اطلاعات مربوط به معیارهای آزمون ارائه شده است:

جدول (۴): اطلاعات حاصل ازآزمون‌ها

سطح	مدل	RMSE	MSE	AME
میکروسکوپی	GBM	۰/۵۵	۰/۳۱۱	۰/۸۰۶
	ABM	۰/۸۹	۰/۷۹	۱ /۶۵
	VC	۰/۹۳۷	۰/۸۷۸	۱/۷۲
	MSR	۱/۰۰۰۶	۱/۰۰۱	۱/۹۴
مسسکوپی	GBM	۰/۶۹۵	۰/۴۸۳	۱/۰۱۴
	ABM	۱/۱۱	۱/۲۴	۲/۳۴
	VC	۰/۸۹۶	۰/۸۰۳	۱/۶۳
	MSR	۰/۹۷۳	۰/۹۴۸	۱/۹۲
ماکروسکوپی	GBM	۰/۵۷	۰/۳۳	۰/۸۲۱
	ABM	۰/۹۳۲	۰/۸۶۹	۱/۶۹
	VC	۱/۰۷	۱/۱۵	۲/۰۶
	MSR	۰/۸۹۵	۰/۸۰۳	۱/۶۵

در معیار RMSE برآوردهایی با فا صله و کمی دورتر، حتی در یکی از مشاهدات و در مقایسه با برآورد اصلی ملاک تاثیرگذاری قرارگرفته و بزرگنمایی این انحراف مورد توجه

[30] Mean Absolute Error (MAE)
[31] Mean Square Error (MSE)

خواهد بود و هر قدر مقدار این معیار و همچنین ریشه دوم میانگین مربعات خطا کمتر باشد صحت روش بیشتر است. از نظر تئوری هرگاه این معیار برابر صفر شود نمایانگر این است که مقدار تخمین زده شده یک کمیت دقیقا برابر مقدار واقعی آن است و واضح است که در MSE انحراف موجود مانند RMSEمورد تعدیل واقع نشده است و دیدگاه بعدی که می‌تواند مبنای انتخاب معیار باشد، انحراف محدود کلیه مشاهدات است که در معیار MAE فرموله شده است که در حقیقت در پژوهش موجود برای بالا بردن ضریب اطمینان در انتخاب برترین تخمین نوسان بازده، از هر سه معیار و با توجه به طیف وسیع از ویژگی داده‌ها استفاده شده است.

بر اساس مطالب ذکر شده، عدد مربوط به مدلی که کمترین مقدار برآورد را دارد به عنوان مدل شایسته در ستون مربوطه آورده شده است. یعنی مدلی که کوچکترین مقدار را دارد کمترین خطا را داراست و مدل مناسبتری است که نتیجه بررسی فوق مدل براونی هندسی در سطح میکروسکوپی را به عنوان مدل مناسب تایید می‌نماید و بدین تریب فرضیه دو تایید می‌گردد.

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای کاربردی

از آنجاییکه بسیاری از متغیرهای مالی ماهیت تصادفی دارند، فعالین در بازارهای سرمایه و نظریه پردازان علوم مالی همگی در فضای عدم اطمینان و احتمالات به سر برده و یا متغیرهایی را در دستور کار خود دارند، که ماهیت پیش‌بینی دقیق آنها ممکن نیست. احتمال به معنی موقعیتهایی است، که با عدم اطمینان مواجه بوده است ، صادقی و همکاران (۱۳۹۸) . یک کمیت تصادفی در فضای احتمالات به وسیله متغیر تصادفی مدلسازی می‌گردد و سپس متغیر تصادفی را اندیس‌گذاری شده و به فرایند تصادفی دست پیدا می‌کند. این مطالعه درصدد بررسی رفتار جریان نقد با استفاده از فرایندهای تصادفی بوده است. برای این منظور دو فرضیه در نظر گرفته شد. همچنین برای بررسی از مانده نقد روزانه یکسال ۴۸ شعبه بانک استفاده شده است. فرضیه اول مبنی بر تصادفی بودن مانده جریان نقد تایید گردید. معروفترین مدل‌های تصادفی براونی هندسی، براونی حسابی ، واسیسک و حداقل مربعات اصلاح شده جهت بررسی در نظر گرفته شده است. به منظور ارزیابی مدل‌ها از سه معیار ؛ MAE، MSER، MSE استفاده شده است. نتیجه بررسی نشان می‌دهدکه مدل براونی هندسی در سطح میکروسکوبی به عنوان مدل کاراتر و به واقعیت نزدیک تر تایید گردیده است. این نتیجه گواه و تایید تصادفی بودن جریان نقد است و در

سطوح مختلف شرکتها به ویژه تک شرکتها با ا ستفاده از داده های روزانه جهت برنامه ریزی و پیش‌بینی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. نتایج بدست آمده با پژوهش سالاس ملینا وهمکاران (Salas-Molina, et al., 2018) مبنی بر اینکه مدل‌های غیرخطی در دنیای واقعی برای پیش بینی جریان نقد کاراتر اســـت، همخوانی دارد. همچنین با پژوهش ون دبرگ (Van der Burg, 2018) توصیف ماهیت غنی و گوناگون روند جریان نقد و نوسانات تصادفی آن و معتبر بودن قابلیت یک معادله دیفرانسیل تصادفی به منظورایجاد مدل جریان نقد زمان پیوسته همخوانی دارد. همچنین با پژوهش حندان و همکاران (Handan, et al., 2020) و صادقی وهمکاران (۱۳۹۸) و دلو و ورزیده (۱۳۹۹) مبنی بر تایید مدل براونی هند سی به عنوان مدل کارای تصادفی همخوانی دارد. همچنین با پژوهش ثقفی و همکاران (۱۳۹۴) و احمد و همکاران (۱۳۹۷) به جهت مغایرت و کاربرد مدل‌های غیر تصادفی مطابقت ندارد.

زمینه‌های مدل‌های جریان نقد زمان پیوسته تصادفی، هنوز در مرحله نسبتا ابتدایی از توسعه و گسترش ا ست، که از تعداد کم نشریات مربوط به این مدل‌ها و پژوهش‌های صورت گرفته در دنیا نسبت به سایر مقوله‌های مدل‌های جریان نقد مشهود است. جریان نقد پیوسته مستقیما به ارزیابی عدم اطمینان در هر یک از اجزای پایه مربوط می شود. با این حال، در یک محیط پیو سته تصادفی، چنین رویکردی اغلب به صورت ریاضی و محاسباتی با متغیرهای توضیحی تجاری و مالی مواجه می‌شود.

مزیت قابل توجه در اســتفاده از معادلات دیفرانســیل تصــادفی پیوســته در مقابل مدل‌های گســسته در توصــیف فرایندهای خاص اقتصــادی این اســت که پاسـخ صـریح، اغلب در فرمول‌های پیوسته در دسترس است. بنابراین وابستگی و حساسیت فرایند بر پارامترها به راحتی قابل دسترسی و قابل تفسیر ا ست(تحقق فرایندها واریانس و مقادیر توزیع) برای مدل زمان گسسته، به ندرت اعمال واکنش‌های صــریح را نشــان می‌دهد) بنابراین بحث کیفی آنها دقیق و به واقعیت نزدیک و جهت اســتفاده در ابعاد مختلف برنامه‌ریزی، پیش‌بینی و نیازهای تامین مالی در شــرکت‌های مختلف قابل اســتفاده اســت. همچنین با اســتفاده از ماهیت تصــادفی جریان نقد رابطه این فاکتور با قیمت ســهام و سودآوری در شرکتهای بورسی مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

منابع و مآخذ

۱. احمد، الف. و همکاران (۱۳۹۷)،"مدل سازی پیش بینی وجه نقد آتی"، فصلنامه پژوهش‌های تجربی حسابداری مالی، صفحات ۲۵-۴۸.

۲. ثقفی، علی، فاطمه صراف، و حنانه اقا بالایی بختیار(۱۳۹۴)، "کاربرد شبکهٔ عصبی مصنوعی در پیش‌بینی جریانهای نقدی آتی "، بررسی های حسابداری،دوره ۳، شماره ۹،زمستان۱۳۹۴ ، صفحات ۶۳ – ۸۰.

۳. دلو ، مریم و ورزیده ، علیرضا (۱۳۹۹)،" پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار با استفاده از مدل حرکت براونی هندسی" ، دانش مالی اوراق بهادار سال سیزدهم، شماره۴۶ ، تابستان ۱۳۹۹

۴. سعیدی، علی (۱۳۹۸). "جزوه ابزار مشتقه". دانشگاه آزاد واحد تهران شمال.

۵. شیوایی،الهام وهمکاران (۱۳۹۷)،" الگوسازی رفتار نرخ ارز در ایران با استفاده از معادلات دیفرانسیل تصادفی)رویکرد الگوی مرتون و"(NGARCH ، فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران، سال هفتم، شماره۲۷ ، پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۱-۲۷

۶. صادقی، حجت الله و همکاران(۱۳۹۸)، " کاربرد حرکت براونی هندسی در پیش بینی قیمت طلا و نرخ ارز"، فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری، سال هشتم، شماره سی‌ام، تابستان.۱۳۹۸

۷. مولایی، صابر و همکاران (۱۳۹۵)، "الگوسازی رفتار قیمت سهام با استفاده از معادلات دیفرانسیل تصادفی با نوسان تصادفی"، فصلنامه علمی پژوهشی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار سال نهم، شماره سی و دوم، زمستان ۱۳۹۴.

۸. مالکی‌نیا و همکاران (۱۳۹۹)،" کاربرد مدل حرکت براونی هندسی تعمیم یافته توسط فرآیند رژیم سوئیچینگ مارکف در شبیه‌سازی قیمت سهام: رویکرد پویایی شناسی "، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره چهل و دوم، بهار۱۳۹۹.

9. Ait-Sahalia, Y. Jacod, J, (2010)," Is Brownian Motion Necessary to Model High Frequency Data?", The Annals of Statistics, Vol. 38, 3093-3128.
10. Ait-Sahalia, Y., & Jacod, J. (2009). "Testing for jumps in a discretely observed process". .The annual of Statistic.vol 37. 184-222.
11. Applebaum, D. (2004). L\"evy processes---from probability to finance and quantum groups". Notices Amer. Math. Soc., 51(11), 1336-1347.
12. Bartlett, M. S. (1955). "An introduction to stochastic processes: with special references to methods and applications": Cambridge University Press.
13. Cox, D.,Miller, H.,(1965), "The Theory of Stochastic Processes", New York: Wiley.
14. Corsaro,S., Kyriakou,I., Marazzina,D., Marino,Z.,(2019)," A General Framework for Pricing Asian Options under Stochastic Volatility on Parallel Architectures". European Journal of Operational Research Volume 272, Issue 3, 1 February 2019, Pages 1082-1095
15. Corsaro,S., Kyriakou,I., Marazzina,D., Marino,Z.,(2019)," A General Framework for Pricing Asian Options under Stochastic Volatility on Parallel Architectures". European Journal of Operational Research Volume 272, Issue 3, 1 February 2019, Pages 1082-1095
16. Fuchs, C. (2013)." Inference for Diffusion Processes:With Applications in Life Sciences": Springer Berlin Heidelberg.
17. Gandolfo, G. (2012)." Continuous-Time Econometrics: Theory and applications": Springer Netherlands.
18. Gao, S. (2017)." The Meaning of the Wave Function": Cambridge University Press.
19. Handan,Z. Ibrahim, S.I , Mustafa , A.M.S.(2020)." MODELLING ALAYSIAN GOLD PRICES USING GEOMETRIC BROWNIAN MOTION MODEL". Advances in Mathematics: Scientific Journal 9 (2020), no.9, 7463–7469
20. Kotelenez, P. (2008). "Stochastic Ordinary and Stochastic Partial Differential Equations: Transition from Microscopic to Macroscopic Equations": Springer New York.
21. Meerschaert, M. M., & Sikorskii, A. (2012). "Stochastic Models for Fractional Calculus": De Gruyter.
22. Møller, J. K. (2011). "Stochastic State Space Modelling of Nonlinear systems - With application to Marine Ecosystems": Technical University of Denmark (DTU).
23. Primbs James A., RossBarmish B.,(2018)." On Robustness of Simultaneous Long-Short Stock Trading Control with Time-arying Price Dynamics" , IFAC-PapersOnLine , 50(1), 12267-12272.Rao, M. M. (2014). "Stochastic Processes - Inference Theory": Springer International Publishing.

24. Salas-Molina, F., Martin, F.J., Rodr´ıguez-Aguilar, J.A.(2018), "Empirical analysis of daily cash flow time-series and its implications for forecasting" .SORT 42 (1) January-June 2018, 73-98.
25. Tong,C., and chen,S. (2009). "Parameter Estimation and Bias Correletion of Diffiuasion Prosses". Journal of Econometrics 149(1) ,PP. 65-81.
26. van der Burg, J., Song, X., & Tippett, M. (2018). "A hyperbolic model of optimal cash balances". The European Journal of Finance, 1-15.
27. Van der Burg, J. G. (2018). "Stochasthic Continos-Time Cash Flows ,A Copled Linear-Quadratic Model." A Thesise for the degree of Doctor of Philosophy. Victoria University of Wellington.
28. Wattaatorn, W. , & Sombultawee, K ., (2021). "The Stochastic Volatility Option Pricing Model: Evidence from a Highly Volatile Market". Journal of Asian Finance, Economics and Business Vol 8 No 2 (2021) 0685–0695.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Investigating Cash Flow Behavior Using Stochastic Processes

Elham Danesh[۳۲]

Ali Saeedi[۳۳]

Ehsan Rahmaninia[۳۴]

Amir Gholami[35]

Abstract:
In the conceptual framework of financial accounting, which serves the purposes of financial reporting, special attention has been paid to cash flow. The purpose of this study is a new understanding of cash flow behavior and the creation of a new experimental model. This research is applied in terms of purpose and quantitative in terms of implementation. The statistical population of the present study is the annual cash balance of 48 specific bank branches (due to the confidentiality of information, it is not mentioned). Two hypotheses have been considered in this research: 1) Cash balances has a Stochastic property; 2) The Geometric Brownie model is better than the Arithmetic Brownie, Vasicek, and Modified Square Root models. The results of the test have been confirmed to be random. Also, by comparing the four models using MSE, RMSE and MAE tests, the best estimation model has been selected and the comparison results of the models have confirmed the Geometric Brownie inclination model as a more efficient model.

Keywords: Cash flow, Cash balance, Stochastic process, Stochastic differential equations.

---

[32] Ph.D. Candidate in Accounting, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[33] Associate Prof, Department of Financial Management, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, (Corresponding Author). Email: a_saeedi@iau-tnb.ac.ir

[34] Assistant Prof, Department of Accounting, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[35] Assistant Prof, Department of Economics, College of Management and Social Science, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

JEL Classification: G17

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی